

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Juni 2005 (16.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/054841 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01N 29/22**,  
B23K 26/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002473

(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. November 2004 (09.11.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 56 223.0 2. Dezember 2003 (02.12.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];  
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BAMBERG, Joachim**  
[DE/DE]; Augustenfelderstrasse 18, 85221 Dachau (DE).  
**FEIST, Wolf-Dieter** [DE/DE]; Dorfstrasse 30 a, 85256  
Vierkirchen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD, DEVICE, AND TEST PIECE FOR TESTING A COMPONENT, AND USE OF SAID METHOD AND  
SAID DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, VORRICHTUNG UND PROBEKÖRPER ZUM PRÜFEN EINES BAUTEILS, SOWIE VER-  
WENDUNG DES VERFAHRENS UND DER VORRICHTUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for verifying the recognizability of at least one flaw in a component or  
evaluating ultrasonic signals of said flaw. According to the invention, an electronic specification of the flaw is generated, said elec-  
tronic specification encompassing a two-dimensional or three-dimensional dot pattern while defining the number, position, shape,  
orientation, and dimension of flaws that are to be specifically created. A test piece is produced, a microcrack being created at the  
position of each dot of the dot pattern. An ultrasonic image of the test piece is recorded and evaluated. Preferably, the test piece  
is made of a material that is permeable to visible light, e.g. crown glass, borosilicate glass, or quartz glass. The microcracks are  
preferably produced using inner laser engraving.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Prüfen der Erkennbarkeit mindestens eines  
Fehlers in einem Bauteil oder zur Auswertung von Ultraschall-Signalen des Fehlers. Das Verfahren sieht vor, dass eine elektronische  
Spezifikation des Fehlers erzeugt wird, die ein zwei- oder dreidimensionales Punktemuster umfasst. Diese Spezifikation gibt Anzahl,  
Lage, Form, Orientierung und Ausdehnung von gezielt zu erzeugenden Fehlern vor. Ein Probekörper wird hergestellt, wobei für  
jeden Punkt des Punktemusters ein Mikroriss an der Position dieses Punktes erzeugt wird. Ein Ultraschall-Bild des Probekörpers  
wird aufgenommen und ausgewertet. Vorzugsweise wird der Probekörper aus einem für sichtbares Licht durchlässigen Werkstoff,  
z. B. Kron-, Borosilikat- oder Quarzglas, gefertigt. Die Mikrorisse werden bevorzugt mittels Laser-Innengravur hergestellt.



WO 2005/054841 A1

## Verfahren, Vorrichtung und Probekörper zum Prüfen eines Bauteils, sowie Verwendung des Verfahrens und der Vorrichtung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Prüfen der Erkennbarkeit mindestens eines Fehlers in einem Bauteil oder zur Auswertung eines Ultraschall-Signals des Fehlers, sowie ein Probekörper zur Durchführung des Verfahrens.

Die zur Fertigung hochbelasteter Bauteile verwendeten metallischen Werkstoffe müssen hohen Qualitätsanforderungen genügen. Derartige Bauteile sind z. B. schnell rotierende Scheiben von Turbinen- oder Verdichterstufen einer Gasturbine, die ein Flugzeug antreibt. An diesen Scheiben sind Schaufeln befestigt. In einem solchen Werkstoff können Fehler auftreten, die insbesondere durch den Herstellungsprozess des Werkstoffs verursacht werden. Zu diesen Fehlern gehören Lunker, Poren, Einschlüsse, Wärmebehandlungsrisse und Schweißrisse. Benötigt werden Verfahren und Geräte, um derartige Fehler zu erkennen und um die Erkennbarkeit von Fehlern zu quantifizieren.

Aus „Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau“, 20. Auflage, Springer-Verlag, 2001, E33 und S87 ist die Verwendung von Ultraschall zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung bekannt.

Für eine zuverlässige und vergleichbare Prüfung eines Bauteils mit Ultraschall werden Test- und Kalibrierkörper verwendet. Nach dem Stand der Technik werden hierfür Blöcke mit Flachboden- oder Querbohrungen vorgesehen. Diese Blöcke sind meist aus demselben Werkstoff wie das herzustellende Bauteil gefertigt. Reale Fehler werden damit weder in ihrer Form und Ausdehnung noch in ihrer Reflexions- und Rückstrahlcharakteristik realitätsnah beschrieben.

In JP 2002-048773 A wird eine Vorrichtung offenbart, um eine Ultraschall-Prüfeinrichtung zu kalibrieren. Das Verfahren lässt sich für ein Prüfgerät mit einer Sonde und eines mit zwei Sonden verwenden. Mehrere Kalibrierlöcher werden in bestimmter Weise in einem geschweißten Bauteil angebracht. Der bzw. die Sonden werden in bestimmten Winkeln zueinander und zum Bauteil angebracht, und eine charakteristische Kurve für den Abstand zwischen Entfernung und Amplitude wird erzeugt.

In US 5670719 wird ein System offenbart, welches das Auflösungsvermögen medizinischer Ultraschall-Prüfgeräte ermittelt. Das System sagt vorher, welche lokalen Wunden oder Tumore im Gewebe eines Menschen das Prüfgerät erkennt. Ein Phantom-Behälter bildet das menschliche Gewebe nach. In mehreren Schichten werden Wunden und Tumore durch zerstreuliche Partikel simuliert. Festgestellt wird, welche Partikel erkannt werden und welche nicht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein zuverlässiges Verfahren und eine zuverlässige Vorrichtung zum Prüfen der Erkennbarkeit und zur Auswertung der Form, Lage, Größe und Orientierung von Fehlern in einem Bauteil bereitzustellen.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1, eine Vorrichtung nach Anspruch 9 und einen Probekörper nach Anspruch 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Eine elektronische Spezifikation mindestens eines Fehlers wird erzeugt. Die Spezifikation gibt die Lage, Form, Größe und Orientierung des Fehlers bzw. der Fehler vor. Sie umfasst ein dreidimensionales Punktemuster des Fehlers bzw. der Fehler und legt dadurch die Position jedes Punktes des Punktemusters in einem dreidimensionalen Raum fest.
- Gemäß der Spezifikation wird ein Probekörper hergestellt. Hierbei wird für jeden Punkt des Punktemusters ein Mikroriss im Probekörper an der Position dieses Punktes und somit ein Mikrorissfeld, welches den Fehler darstellt, erzeugt.
- Ultraschall-Signale des Probekörpers werden aufgenommen. Hierfür lässt sich jedes Ultraschall-Verfahren anwenden. Das Ultraschall-Signal wird analysiert, beispielsweise in Form von aus den Signalen erzeugten Bildern. Die Auswertung der Ultraschall-Signale umfasst mindestens die Prüfung, ob der gezielt erzeugte Fehler im Bild erkennbar ist oder nicht. Bei der Auswertung von Fehlern werden die Ultraschall-Signale den unterschiedlichen Fehlern zugeordnet, um bei realen Messungen an Bauteilen aus den Signalen auf die Form/Art des Fehlers zu schließen.

Das Verfahren zeigt einen Weg auf, einen beliebigen Fehler mit geringem Aufwand vorzugeben und zu prüfen, ob dieser Fehler erkannt wird. Weiterhin zeigt das Verfahren einen Weg auf, sichtbar zu machen, wie sich Fehler in einem Ultraschall-Signal des Bauteils äußern. Eine beliebige Anzahl von Fehlern lässt sich hinsichtlich Größe, Form und Lage einfach, zuverlässig und sehr realitätsnah vorgeben. Nach der Auswertung des Signals lässt sich quantitativ angeben, welche dieser Fehler erkannt werden und welche nicht. Dadurch erlaubt es das Verfahren zuverlässig anzugeben, welche realen Fehler, Gefüge und/oder Texturen in einem Bauteil erkannt werden können und welche nicht. Weil die Nachweisbarkeit von Fehlern insbesondere hinsichtlich Größe, Form und Lage durch das Verfahren angegeben werden kann, lässt sich bei der Konstruktion und Herstellung des Bauteils das Festigkeitspotential des Werkstoffs zuverlässig ausnutzen, wobei weder Fehler unerkannt bleiben noch das Bauteil überdimensioniert und damit der Werkstoff zu reichlich bemessen wird.

Es lassen sich realitätsnahe Testfälle schnell erzeugen, mit denen es möglich ist, ein vollständiges Spektrum an Testfällen vorzugeben. Die erzeugten Fehler werden so erzeugt, dass sie realen Fehlern hinsichtlich Form, Reflexionsverhalten und Rückstrahl- bzw. Rückstreu-Charakteristik nahe kommen.

Das Verfahren lässt sich auch dazu anwenden, das Auflösungsvermögen eines Ultraschall-Prüfsystems zu prüfen oder zu ermitteln (Anspruch 8). Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird getestet, ob das zum Aufnehmen des Bildes verwendete Ultraschall-Prüfsystem den gezielt erzeugten Fehler erkennt oder nicht. Es sind Aussagen über die Prüfungsempfindlichkeit in Abhängigkeit von Ausdehnung, Form und Lage der Fehler möglich. Damit ermöglicht das Verfahren, eine bestimmte Ultraschall-Prüftechnik zu erproben und abzusichern. Beispielsweise lässt sich die Anwendbarkeit einer neuartigen Ultraschall-Prüftechnik untersuchen. Mit dem Verfahren lässt sich ein Nachweis für das Auflösungsvermögen eines Prüfsystems (Gerät, Kabel, Wandler) oder Prüfverfahrens, das in der Produktion hochbelasteter Bauteile verwendet wird, erbringen. Ein solcher Nachweis ist z. B. für das Zertifizieren von rotierenden Schaufeln oder Scheiben für Flugzeug-Triebwerke erforderlich und kann mit dem Verfahren erbracht werden.

Der Werkstoff, aus dem der Probekörper hergestellt wird, ist nicht notwendigerweise derselbe Werkstoff, der für die Herstellung des Bauteils vorgesehen ist oder verwendet wird. Das Verfahren ermöglicht es, für die Herstellung des Probekörpers einen Werkstoff so auszusuchen, dass sich in ihm die Mikrorisse besonders einfach oder kostengünstig erzeugen lassen. Der Probekörper-Werkstoff braucht nicht denselben Belastungen standhalten wie der für das Bauteil vorgesehene. Letzterer ist beispielsweise hoch belastbarer Stahl, und die gezielte Erzeugung von Fehlern in diesem Stahl ist fertigungstechnisch aufwendig und teuer. Damit zeigt das Verfahren einen Weg auf, Kosten einzusparen. Für den Probekörper lässt sich ein Werkstoff verwenden, der preisgünstiger oder für das gezielte herstellen von Fehlern besser geeignet ist als für das Bauteil vorgesehene.

Vorzugsweise werden die Mikrorisse mittels Laser-Innengravur erzeugt (Anspruch 2). Die Erzeugung von Mikrorissen mittels Laser-Innengravur ist aus DE 3425263 A1, DE 04407547 C2, DE 10015702 A1 und DE 19925801 A1 bekannt. Die Mikrorisse lassen sich mittels Laser-Innengravur besonders schnell und leicht erzeugen. Durch gezielte Vorgabe von Parametern des Verfahrens zur Laser-Innengravur lassen sich die Mikrorisse genau in vorgegebenen Größen in einem Mikrorissfeld vorgegebener Form, Größe und Orientierung erzeugen.

Anspruch 3 sieht vor, dass die Mikrorisse dergestalt erzeugt werden, dass ihre größte Ausdehnung kleiner ist als die zum Aufnehmen des Ultraschall-Bildes verwendete Wellen-

länge. Dadurch wird die Form eines einzelnen Mikrorisses nicht mehr diskret abgebildet. Der Fehler und dessen Reflexionsverhalten wird erst durch die Kombination der Mikrorisse, die durch die Spezifikation vorgegeben ist, erzeugt. Dadurch lässt sich die Form und die Ausdehnung des gezielt erzeugten Fehlers genau vorgeben, ohne dass die Abmessung der Mikrorisse das Verfahrensergebnis beeinflusst. Welche Fehler erkannt werden und welche nicht, hängt von der Anzahl und Verteilung der Punkte im Punktemuster ab.

Gemäß Anspruch 6 weisen der Werkstoff, der für das Bauteil vorgesehen ist, und der Werkstoff, aus dem der Probekörper hergestellt wird, annähernd die gleichen elastischen Kennwerte auf. Dadurch wird eine besonders hohe Realitätsnähe des Verfahrens erreicht. Wird das Verfahren dafür verwendet, das Auflösungsvermögen eines Ultraschall-Prüfsystems zu ermitteln, so führt Anspruch 6 dazu, dass das Auflösungsvermögen des Ultraschall-Prüfsystems im Prüfkörper-Werkstoff dem im Bauteil-Werkstoff besonders nahe kommt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben. In diesem Ausführungsbeispiel fungiert als Bauteil eine Scheibe, die in einer Turbinenstufe eines Strahltriebwerks schnell rotiert und auf der Laufschaufeln angebracht sind. Diese Scheibe wird aus einer hoch belastbaren Nickelbasislegierung gefertigt. Einen Probekörper aus diesem Werkstoff herzustellen und in diesen Probekörper gezielt Fehler zu erzeugen wäre teuer und zeitaufwendig und zudem nicht in allen gewünschten Positionen und Ausrichtungen möglich. Der Probekörper hingegen kann aus einem dem Bauteilwerkstoff in seinen akustischen Eigenschaften ähnlichen und für Licht transparenten Werkstoff in nahezu beliebiger Form und Testfehlern in nahezu beliebiger Größe, Form und Orientierung hergestellt werden.

Mit einem Ultraschall-Prüfsystem werden mehrere Ultraschall-Signale des Probekörpers aufgenommen. Das Auflösungsvermögen eines Ultraschall-Prüfsystems hängt vom Winkel zwischen der Ausbreitungsrichtung des Ultraschalls und der Richtung der größten Ausdehnung eines Fehlers im Probekörper und/oder vom Winkel zwischen der Ausbreitungsrichtung und der Oberfläche des Probekörpers ab. Daher werden mehrere Ultraschall-Signale des Probekörpers aus verschiedenen Richtungen erzeugt.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich dazu verwenden, das Auflösungsvermögen eines Ultraschall-Prüfsystems bezogen auf den für das Bauteil vorgesehenen Werkstoff zu ermitteln. Hierfür werden nacheinander mehrere Spezifikationen aus Mikrorissen erzeugt. Die Spezifikationen unterscheiden sich dergestalt voneinander, dass jedes Punktemuster einer Spezifikation eine geringere maximale Ausdehnung hat als die aller vorhergehenden Spezifikationen. Für jede Spezifikation wird ein Prüfkörper gemäß der Spezifikation herge-

stellt, und Ultraschall-Signale von diesem Prüfkörper mit dem Ultraschall-Prüfsystem erzeugt. Geprüft wird, ob das Gerät einen Fehler in dem Prüfkörper erkennt oder nicht. Das Verfahren wird abgebrochen, wenn das Prüfgerät in demjenigen Prüfkörper, der gemäß der zuletzt erzeugten Spezifikation hergestellt wurde, keinen Fehler erkennt. Vorzugsweise werden auch hierbei mehrere Signale aus verschiedenen Winkeln erzeugt. Die maximale Ausdehnung des kleinsten erkannten Fehlers wird als Maß für das Auflösungsvermögen des Prüfsystems verwendet.

Weiterhin lässt sich das Verfahren auch dazu verwenden, eine Bibliothek für mögliche Fehler in dem Bauteil zu erzeugen. Eine Menge von möglichen Fehlern wird vorgegeben, wobei jeder Fehler durch eine Spezifikation über ein Punktemuster vorgegeben wird. Für jeden möglichen Fehler wird mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens

- einerseits ein Probekörper, in dem der Fehler gezielt erzielt,
- und andererseits Ultraschall-Signale dieses Probekörpers

erzeugt. Für jeden Fehler wird ein Abbild des Probekörpers und die Ultraschall-Signale des zugehörigen Probekörpers aufgenommen. Durch Auswertung der Signale wird ermittelt, ob der Fehler in mindestens einem der Ultraschall-Signale erkennbar ist. Vorzugsweise werden weiterhin zusätzlich die Anzahl, Form, Lage und Position der im Ultraschall-Signal erkannten Fehler mit der Spezifikation und/oder den gezielt im Probekörper erzeugten Fehlern verglichen.

Die Bibliothek erleichtert es, Ultraschall-Signale eines gefertigten Bauteils auszuwerten und Rückschlüsse von Ultraschall-Signalen des Bauteils auf das Vorhandensein und die Art, Lage und Abmessung von Fehlern im Bauteil zu ziehen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen der Erkennbarkeit mindestens eines Fehlers in einem Bauteil oder zur Auswertung von Ultraschall-Signalen des Fehlers, das folgende Schritte umfasst:
  - Erzeugen einer elektronischen Spezifikation des Fehlers, die ein zwei- oder dreidimensionales Punktemuster umfasst,
  - Herstellen eines Probekörpers, wobei für jeden Punkt des Punktemusters ein Mikroriss im Probekörper an der Position dieses Punktes erzeugt wird,
  - Aufnehmen und Auswerten der Ultraschall-Signale des Probekörpers.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrorisse mittels Laser-Innengravur hergestellt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die größte Ausdehnung der Mikrorisse kleiner ist als die zum Aufnehmen der Ultraschall-Signale verwendeten Wellenlänge.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff, aus dem der Probekörper hergestellt wird, transparent für sichtbares Licht ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als transparenter Werkstoff Kron-, Borosilikat- oder Quarzglas verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff, aus dem der Probekörper hergestellt wird, annähernd die gleichen elastischen Kennwerte wie der Werkstoff für das Bauteil aufweist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Spezifikationen mit je einem Punktemuster erzeugt werden, wobei die Punktemuster sich hinsichtlich Größe, Form und/oder Orientierung unterscheiden, und für jede Spezifikation
  - das Herstellen eines Probekörpers gemäß dieser Spezifikation und
  - das Aufnehmen und Auswerten von Ultraschall-Signalen dieses Probekörpers durchgeführt werden.
8. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Ermitteln oder Prüfen des Auflösungsvermögens eines Ultraschall-Prüfsystems, wobei das Aufnehmen der Ultraschall-Signale mit einem Prüfsystem durchgeführt wird.
9. Vorrichtung zum Prüfen der Erkennbarkeit mindestens eines Fehlers in einem Bauteil oder zur Auswertung eines Ultraschall-Signals des Fehlers, die folgende Bestandteile umfasst:
  - eine Einrichtung zum Erzeugen einer elektronischen Spezifikation des Fehlers, die ein zwei- oder dreidimensionales Punktemuster umfasst,
  - eine Einrichtung zum Herstellen eines Probekörpers, die für jeden Punkt des Punktemusters ein Mikroriss an der Position dieses Punktes erzeugt,
  - eine Einrichtung zum Aufnehmen und Auswerten von Ultraschall-Signalen des Probekörpers.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Herstellen eines Probekörpers derart beschaffen ist, dass die größte Ausdehnung der Mikrorisse kleiner ist als die zum Aufnehmen der Ultraschall-Signale verwendeten Wellenlänge.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Herstellen eines Probekörpers einen Laserapparat zur Herstellung von Mikrorissen mittels Innengravur umfasst.



12. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 zum Ermitteln oder Prüfen des Auflösungsvermögens eines Ultraschall-Prüfsystems, wobei das Prüfsystem ein Bestandteil der Einrichtung zum Aufnehmen und Auswerten der Ultraschall-Signale ist.
13. Probekörper für die Kalibrierung eines Ultraschall-Prüfsystems zum Prüfen eines Bauteils oder zur Auswertung von Ultraschall-Signalen eines Fehlers, dadurch gekennzeichnet, dass der Probekörper Mikrorisse umfasst, deren Positionen durch eine elektronische Spezifikation mit einem zwei- oder dreidimensionalen Punktemuster vorgegeben sind, das dem Fehler entspricht.
14. Probekörper nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die größte Ausdehnung der Mikrorisse kleiner ist als die Wellenlänge bei der zu kalibrierenden Ultraschall-Prüfung.
15. Probekörper nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff, aus dem der Probekörper hergestellt wird, transparent für sichtbares Licht ist.
16. Probekörper nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der transparente Werkstoff Kron-, Borosilikat- oder Quarzglas ist.
17. Probekörper nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstoff, aus dem der Probekörper hergestellt ist, annähernd die gleichen elastischen Kennwerte wie der Werkstoff für das Bauteil aufweist.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002473

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G01N29/22 B23K26/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01N B23K B44B G11B B41M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 03, 5 May 2003 (2003-05-05) & JP 2002 328098 A (FUJI PHOTO FILM CO LTD), 15 November 2002 (2002-11-15)	1,2,7-9, 11-17
Y	abstract	4,5 3,6,10
A		
X	DE 44 07 547 A1 (D. SWAROVSKI & CO., WATTENS, AT) 21 September 1995 (1995-09-21) cited in the application	13-17
Y	abstract; claims 1-3; figure 3 column 1, line 3 - column 5, line 24	4,5
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  10 March 2005		Date of mailing of the international search report  01/04/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Uttenthaler, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002473

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 06, 31 July 1995 (1995-07-31) & JP 07 076167 A (MIYACHI TECHNOS KK), 20 March 1995 (1995-03-20) abstract -----	13
X	EP 0 743 128 A (NAICOTEC GMBH) 20 November 1996 (1996-11-20) abstract -----	1
A	DE 199 25 801 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG EV; F) 21 December 2000 (2000-12-21) cited in the application the whole document -----	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 06, 4 June 2002 (2002-06-04) & JP 2002 048773 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST), 15 February 2002 (2002-02-15) cited in the application abstract -----	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 December 1995 (1995-12-26) & JP 07 229878 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 29 August 1995 (1995-08-29) abstract -----	1,9
A	US 4 747 295 A (FEIST ET AL) 31 May 1988 (1988-05-31) abstract; figures 1-3 column 1, line 7 - column 3, line 60 -----	1,9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/002473

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002328098	A	15-11-2002	NONE	
DE 4407547	A1	21-09-1995	NONE	
JP 07076167	A	20-03-1995	NONE	
EP 0743128	A	20-11-1996	LT 95051 A AT 213681 T DE 59608777 D1 EP 0743128 A1	25-11-1996 15-03-2002 04-04-2002 20-11-1996
DE 19925801	A1	21-12-2000	NONE	
JP 2002048773	A	15-02-2002	NONE	
JP 07229878	A	29-08-1995	NONE	
US 4747295	A	31-05-1988	DE 3502454 A1 DE 3671970 D1 WO 8604415 A1 EP 0210202 A1 JP 62501581 T	31-07-1986 19-07-1990 31-07-1986 04-02-1987 25-06-1987

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002473

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01N29/22 B23K26/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01N B23K B44B G11B B41M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 03, 5. Mai 2003 (2003-05-05) & JP 2002 328098 A (FUJI PHOTO FILM CO LTD), 15. November 2002 (2002-11-15)	1, 2, 7-9, 11-17
Y	Zusammenfassung	4, 5
A		3, 6, 10
X	DE 44 07 547 A1 (D. SWAROVSKI & CO., WATTENS, AT) 21. September 1995 (1995-09-21) in der Anmeldung erwähnt	13-17
Y	Zusammenfassung; Ansprüche 1-3; Abbildung 3 Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 5, Zeile 24	4, 5
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. März 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/04/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Uttenthaler, E

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/002473

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1995, Nr. 06, 31. Juli 1995 (1995-07-31) & JP 07 076167 A (MIYACHI TECHNOS KK), 20. März 1995 (1995-03-20) Zusammenfassung -----	13
X	EP 0 743 128 A (NAICOTEC GMBH) 20. November 1996 (1996-11-20) Zusammenfassung -----	1
A	DE 199 25 801 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG EV; F) 21. Dezember 2000 (2000-12-21) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2002, Nr. 06, 4. Juni 2002 (2002-06-04) & JP 2002 048773 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST), 15. Februar 2002 (2002-02-15) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1,9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1995, Nr. 11, 26. Dezember 1995 (1995-12-26) & JP 07 229878 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 29. August 1995 (1995-08-29) Zusammenfassung -----	1,9
A	US 4 747 295 A (FEIST ET AL) 31. Mai 1988 (1988-05-31) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Spalte 1, Zeile 7 - Spalte 3, Zeile 60 -----	1,9

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002473

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2002328098 A	15-11-2002	KEINE	
DE 4407547 A1	21-09-1995	KEINE	
JP 07076167 A	20-03-1995	KEINE	
EP 0743128 A	20-11-1996	LT 95051 A AT 213681 T DE 59608777 D1 EP 0743128 A1	25-11-1996 15-03-2002 04-04-2002 20-11-1996
DE 19925801 A1	21-12-2000	KEINE	
JP 2002048773 A	15-02-2002	KEINE	
JP 07229878 A	29-08-1995	KEINE	
US 4747295 A	31-05-1988	DE 3502454 A1 DE 3671970 D1 WO 8604415 A1 EP 0210202 A1 JP 62501581 T	31-07-1986 19-07-1990 31-07-1986 04-02-1987 25-06-1987